

平成 29 年度修士研究論文

# 車線変更行動と加減速挙動の交通流への影響に 関するシミュレーション分析

首都大学東京大学院 都市環境学科学研究科 都市基盤環境学域  
計画・交通研究室

16885436 松山 奈々海

指導教員 小根山 裕之 教授

柳原 正実 助教

## 目次

### 第1章 序論

1.1 研究の背景	3
1.2 既往研究	4
1.3 研究の目的	5
1.4 論文構成	5

### 第2章 研究手法

2.1 ミクロ交通シミュレーションの適用	7
2.1.1 シミュレーションの設定内容	
2.2 モデルの概要	8
2.2.1 車線変更モデル	9
2.2.2 追従モデル	11
2.2.3 加減速挙動モデル	12

### 第3章 シミュレーション結果

3.1 走行軌跡	15
3.2 走行速度 $v$ と追従車頭距離 $s$ の関係	22
3.3 交通量 $q$ と交通密度 $k$ の関係	31

### 第4章 加減速挙動と交通流の関係

4.1 減速度と交通流率	36
4.2 加速度と交通流率	41

### 第5章 結論と課題

5.1 結論	44
5.2 課題	44

参考文献	45
------	----

# 第 1 章

## 序論

- 1.1 研究の背景
- 1.2 既往研究のレビュー
- 1.3 研究の目的
- 1.4 論文構成

## 1.1 研究の背景

わが国の都市間高速道路における渋滞現象を明らかにするための方法の一つとして、運転挙動に着目したミクロな解析手法による分析が行われている。本研究では、渋滞現象の要因となる運転挙動の中でも車線変更挙動に着目する。車線変更挙動に着目する理由の一つは、車線変更車両が強引な割込みなどによって車線変更後の後続車両の急減速を誘発し、減速波の発生・伝播を引き起こして交通量低下の原因となると考えられるためである。この関係を明らかにするためには車線変更を受け入れる車両の加減速挙動を考慮する必要がある。

一方、近年普及している自動運転システムやアシストシステムでは車両応答に対応する周辺車両のドライバの行動を考慮する必要があり、車線変更行動についても重要な知見の一つとして注目されている。これらの技術の目的としては事故と渋滞という自動車交通問題を解決し、自動車交通の最適化を図ることにもなるため、車線変更行動の制御をより効率的に行う方法を明らかにすることが求められている。

## 1.2 既往研究のレビュー

車線変更に関する既往研究では車線変更を実行する車両の挙動のモデリングに貢献している例が多い。例えば、近藤らによって発表された「他車両との相互作用を取り入れた横方向運転行動モデルの同定」<sup>1)</sup>ではマイクロ交通シミュレーターに組み込むことを前提とした横方向運転行動モデルを追従走行時と自由走行時と分けてモデル化している。これにより、シミュレーション上での車線変更挙動が異なる交通状況下で再現可能となることから車線変更の再現性の精度向上に貢献している。また、谷口らによって発表された「車線交通量の均衡メカニズムを内生化した単路部多車線交通流モデルの構築」<sup>3)</sup>によるとマクロ交通流でありながら、車線変更を考慮し、車線利用を表現できる多車線交通流モデルを構築した。さらに、塩見らによって発表された「車線交通量の均衡メカニズムを内生化した多車線交通流モデルの構築」<sup>4)</sup>によると、既存のマクロ交通流モデルの枠組みにおいて車線変更を考慮し、車線別交通密度の遷移状況を表現できるモデルを構築した。その結果、仮想円形道路での数値計算を通して、適切なコスト関数パラメータを設定することで実現象として観測される交通密度と車線利用率の関係を表現できると共に、車線数が減少するボトルネックにおいて、車線毎の交通状況の遷移とそれに伴う車線変更発生状況の遷移を表現可能であることが示された。

一方、劉らは「車線変更と交通流の関係に関するシミュレーション分析」<sup>5)</sup>を発表しており、**Gap Acceptance model**に基づいた車線変更挙動モデルを用いた交通マイクロシミュレーションの結果に基づき、各車両の車線変更挙動の交通流への影響を交通量に着目して分析を行った。その結果、車線変更挙動に対する積極性を調整することにより、交通量をより大きくできる可能性があることを示した。

しかしながら、これらの既往研究等では車線変更挙動を実行する車両の挙動のモデリングに関するマイクロな視点と交通流への影響に関するマクロな視点の2つの視点は各々の視点に着目し分析が行われており、車線変更挙動というマイクロな挙動を用いて交通流というマクロな現象とを結び付けて体系的に整理して研究したものは少ないことが現状である。

### 1.3 研究の目的

車線変更に関する背景及び既往研究の動向から車線変更挙動を明らかにする必要があることが示されている。さらに、車線変更が交通流を阻害する要因の一つであることから、交通流改善の観点からも車線変更挙動の分析は重要な知見となり得る。このように車線変更と交通流の関係性を考える上で車線変更後の後続車両の影響を考慮する必要があるため、この関係を明らかにするためには車線変更を受け入れる車両の加減速挙動も考慮する必要がある。

そこで、本研究では車線変更挙動と車線変更を受け入れる後方車両の挙動を含めた加減速挙動がもたらす交通流への影響を明らかにすることを目的とする。

### 1.4 論文構成

本論文は全5章から構成されており、以降以下の内容で進めていく。

#### 第1章：序論

この章では、研究の背景を整理し既往研究を紹介した上で、本研究の意義・目的を示す。

#### 第2章：研究手法

この章では、本研究の分析手法および分析に用いたモデルの概要を示す。

#### 第3章：シミュレーション結果

この章では、第2章で示したモデルを用いたシミュレーション結果について示す。

#### 第4章：加減速挙動と交通流の分析

この章では、第3章で示したシミュレーション結果に基づき、交通流との関係性を分析した結果を示す。

#### 第5章：結論と課題

この章では、本研究の結論と課題について示す。

## 第 2 章

# 研究手法

### 2.1 ミクロ交通シミュレーションの適用

#### 2.1.1 シミュレーションの設定内容

### 2.2 モデルの概要

#### 2.2.1 車線変更モデル

#### 2.2.2 追従モデル

#### 2.2.3 加減速挙動モデル

## 2.1 ミクロ交通シミュレーションの適用

車線変更行動と加減速挙動がもたらす交通流への影響は複雑な現象であり、時々刻々と変化する各車両の車両挙動による相互作用とマクロな現象との関係を把握する必要があるため、非常に多くの条件のデータを収集する必要がある。そこで本研究では加減速挙動モデルを導入したミクロ交通シミュレーションを実行し、解析を行った。また、シミュレーションでは構築したモデルのパラメータの値を変更してシミュレーション演算を繰り返すことによりその結果がどれだけ敏感であるかを検討し評価することができる。

### 2.1.1 シミュレーションの設定内容

車線変更を車線利用が均衡状態に至るまでの過程であるとし、2車線、全長5kmの環状道路において、車線利用が均衡した状態でシミュレーションを実行する。その中で車線利用を偏らせることで均衡状態に至るまで車線変更行動が発生するようにする。また、パラメータの設定値については表-2.1に示す。なお、希望走行速度以外のパラメータは全車両共通の値を設定した。一方、希望走行速度分布は正規分布を仮定し、平均や分散を設定できるようにした。また、希望走行速度を正規分布とする際には完全な正規分布にすると極端に低い速度まで生成され、衝突につながるような希望走行速度も算出される。そのため、完全な正規分布の両極端な値を除き、正規分布中99%のデータを含む、標準偏差の6倍の区間のみを分析に用いた。さらに、速度分布系が交通量にも影響する可能性があるとして交通密度を2～50 [台/km/lane] の25段階を設定した。

表-2.1 パラメータの設定値

対象	パラメータ		設定値
車線変更挙動	車線維持速度幅 $\Delta v$		0～15[m/s] (0.5刻み)
	反応時間 $\tau$		2.0[s]
	許容ギャップ前方ラグ車頭時間 $t^l$		2.0[s]
	許容ギャップ後方ラグ車頭時間 $t^f$		2.0[s]
	車線変更間隔時間 $t^i$		3.0[s]
	臨界車頭間隔 $S^c$		10 [m]
希望走行速度	希望走行速度分布 (正規分布)	平均	20[m/s]
		標準偏差	2.5[m/s]



## 2.2 モデルの概要

車線変更の現象自体は多くのシミュレーションモデルの中で瞬時に起こる現象として扱われているが，本研究では車線を跨いでいる状態も考慮した車線変更モデルを導入し，シミュレーションに適用した(図-2.1)．これにより，車両が時々刻々と移動していく過程から加減速挙動への影響を記述することが可能となる．

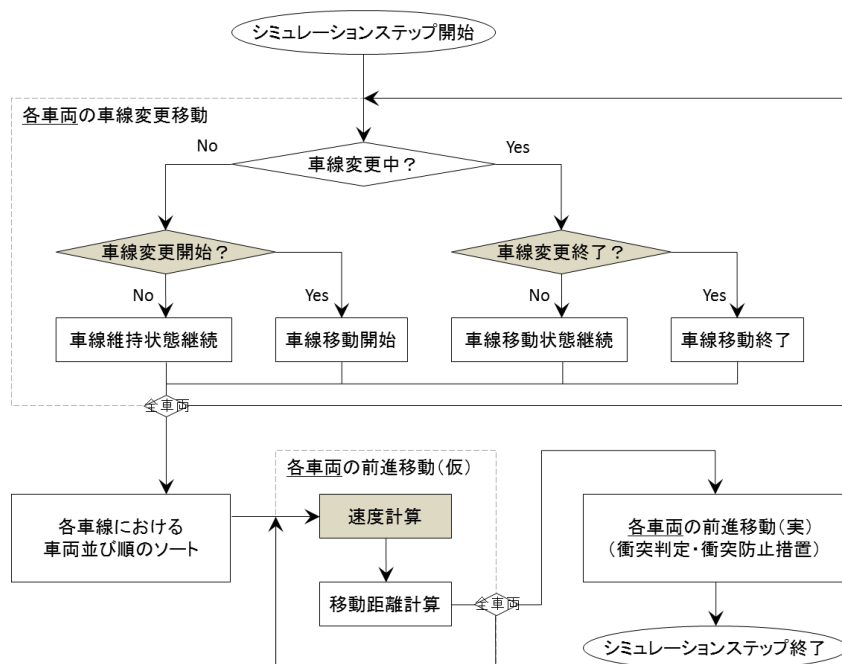


図-2.1 シミュレーションの枠組み

## 2.2.1 車線変更モデル

従来のモデル<sup>5)</sup>における車線変更行動とは、「要求」と「実行」といった2つの階層によって車線変更までの意思決定がなされるものであった。車線変更モデルを適用する上で車線変更挙動に関する再現性を重視し、パラメータを複雑化させると、交通量に影響を与える車線変更挙動を判断することが困難となる。よって、従来のモデル<sup>5)</sup>のように車線変更挙動について最低限を考慮した比較的単純なロジックによるモデルが適切であるとして図-2.2の意思決定プロセスを採用した。この意思決定プロセスの「要求」の部分では現在速度 $v$ と希望走行速度 $v^d$ の差によって車線変更をするか否かを判断する。また、現在速度 $v$ と希望走行速度 $v^d$ との差を許容し得る間を車線維持速度幅 $\Delta v$ と定義する。この車線維持速度幅 $\Delta v$ を現在速度 $v$ が下回ることが車線変更の要求につながる指標のひとつとなる。これについては、図-2.4のモデル内に図示する。

一方、車線変更の意思決定プロセス(図-2.2)の「実行」の部分では前段階で車線変更の「要求」がなされてから車線変更の実行に至るまで、移動する目的車線の前・後方ラグによって車線変更を実行するか否かを判断する。そのときのイメージ図を図-2.3に示す。

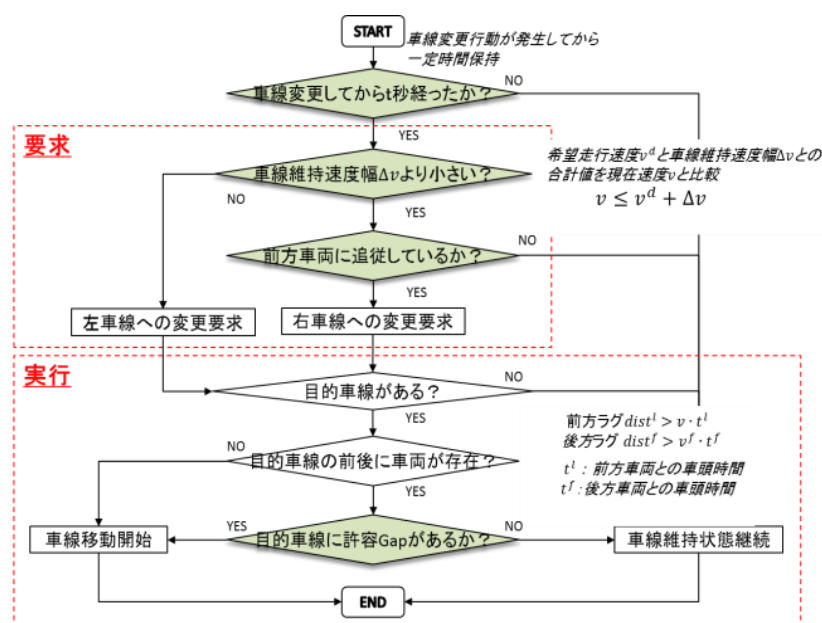


図-2.2 車線変更の意思決定プロセス

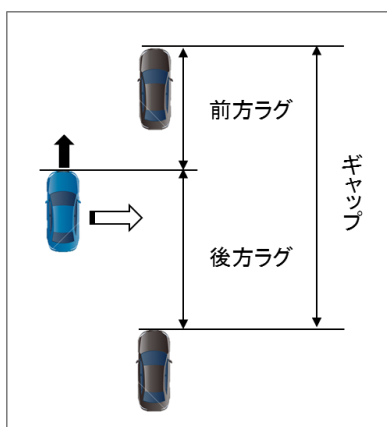


図-2.3 前方・後方ラグイメージ

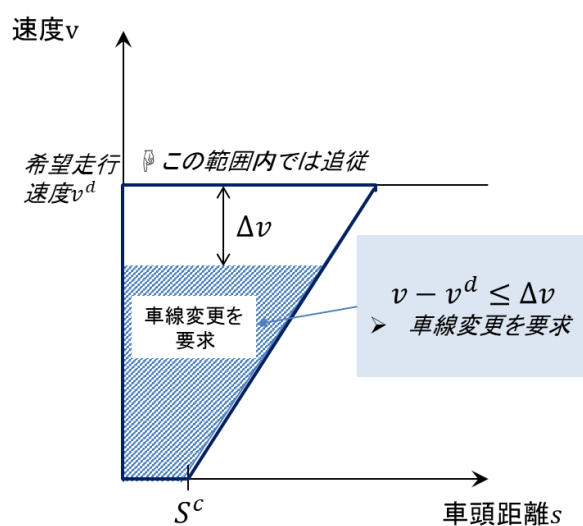


図-2.4 車線変更の要求に関する指標

## 2.2.2 追従モデル

本シミュレーションモデルでは、走行速度に応じた追従車頭距を与える関係( $s$ - $v$ 関係, 図-2.5)を仮定する. ここでの $s$ - $v$  関係は各車両に個別に与えられ, 臨界車頭間隔  $S^c$ , および希望走行速度  $v^d$ で規定される. さらに臨界車頭間隔以上であれば希望走行速度で走行する折れ線状の関数となっている. また,  $s$ - $v$ 関係に従って追従モデルを考えるにあたり,  $q$ - $k$ 関係を考慮することで自由流, 渋滞流での追従挙動の変化を記述することができる. 上述した $s$ - $v$  関係に関して, 全ての車両の車頭距離と走行速度が均一な状況にあると仮定すると, 図-2.5の加減速挙動を考慮した本研究のモデルの容量と基本飽和交通密度 $K^j$  [台/m]を与えた一般的な $q$ - $k$ 関係図(図-2.6)が導かれる.

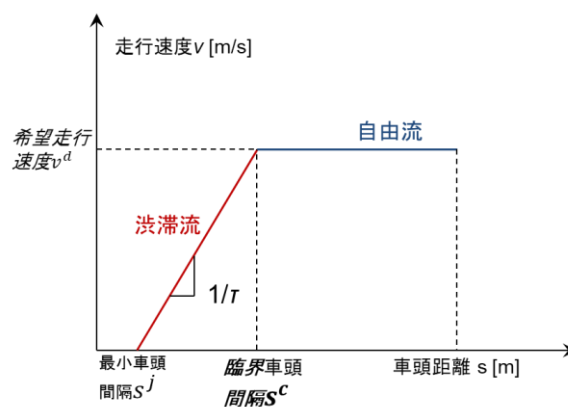


図-2.5  $s$  -  $v$  関係図

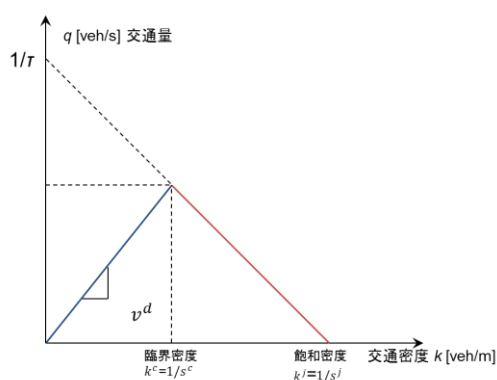


図-2.6 加減速挙動を考慮した場合の  $q$ - $k$  関係

### 2.2.3 加減速挙動モデル

車線変更を受け入れる後方車両の挙動を含めた加減速挙動を厳密に考慮するには車線変更が実行されてから時間ごとの速度変化まで記述する方法が必要となる．しかし，実際にはさほど微細な速度調整を行っているわけではなく，加減速度の値を連続的に扱う必要が必ずしもあるわけではない．そこで各車両の前方車両との車頭距離 $s$ に応じた走行速度 $v$ を与える関係（ $s$ - $v$ 関係）を基準に速度調整を行うモデルを導入し，十分に車頭距離が長い場合には，対応する走行速度はその車両の希望走行速度となるように設定した．また，本研究で導入した加減速挙動モデルは図-2.8に示すように，具体的な加減速度は基準となる $s$ - $v$ 関係に従う速度を下回ると $+a_1$ で加速し，反対に上回ると $-a_2$ で減速するように設定した．

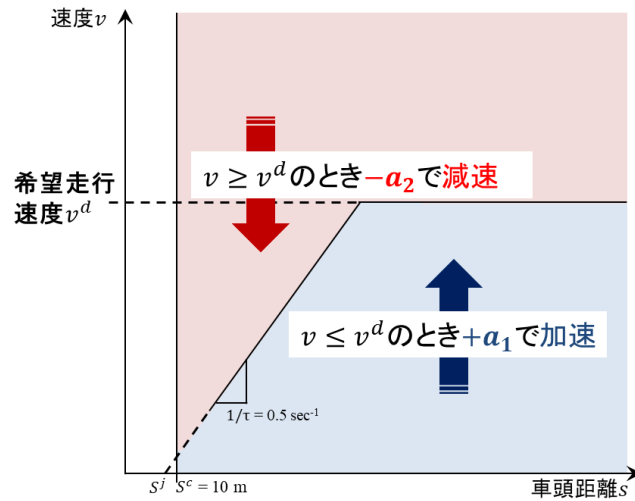


図-2.8 加減速挙動モデル

尚，衝突を回避するため大きな減速を要する場合は急減速が生じるように設定し，この区間を臨界車頭間隔 $S^c$ とした．臨界車頭間隔 $S^c$ に入った際に前方車両と同程度の速度にまで急減速が生じるようになっている．このときの急減速度は前方車両の速度を $V^l$ ，後方車両の速度を $V$ とし前方車両と同程度の速度にまで減速するのに要する時間を $t$ 秒とすると，以下のような式となる．

$$\begin{aligned} V_{(t)} &= V^l \\ S_{(t)} &= S^c \\ V_{(t)} &= V_{(0)} + at \end{aligned}$$

$$S_{(t)} = S_{(0)} + \frac{1}{2}at^2 \quad (2-1)$$

$$a = \frac{(v^l - v_{(0)})^2}{2(s^c - s_{(0)})} \quad (2-2)$$

尚，その際(2-2)の式で示した急減速度 $a$ と加減速挙動モデルで設定した $-a_2$ は値が大きいものを採用するようにしている。

さらに，上述した加減速挙動モデルのシミュレーション上での挙動を確認した結果，図-2.9のTime-space図上に速度低下が減速波として上流側に伝播している様子が確認できた．このことから，加減速挙動が交通流に与える影響を分析する上で必要なモデル特性を有しているといえる。

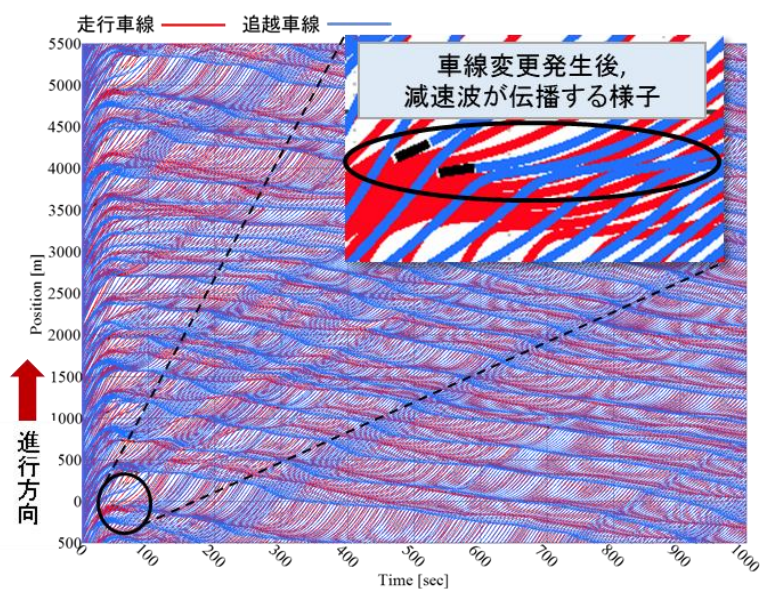


図-2.9 time-space 図

## 第 3 章

### シミュレーション結果

3.1 走行軌跡

3.2 走行速度  $v$  と追従車頭距離  $s$  の関係・

3.3 交通量  $q$  と交通密度  $k$  の関係

### 3.1 走行軌跡

本研究で導入したモデルによるシミュレーション結果を加減速度の値別に **time-space** 図で図 3.1 から図 3.8 に示す. **time-space** 図の各車両の走行軌跡を表す曲線の傾きから走行速度, 隣接する曲線の間隔から車頭時間(横方向)や車頭距離(縦方向)を把握することができる. また, **time-space** 図上の赤線は走行車線, 青線は追越車線を走行する車両の走行軌跡を表す. これらの図から曲線の傾きが時間経過と共に伝わっているのがわかり, 減速度による上流側への影響は時間が経過しても残り続ける傾向にあることがわかる.

尚, このときの加減速挙動モデルにおける臨界車頭間隔は平均車長を考慮し, 10m として設定した.

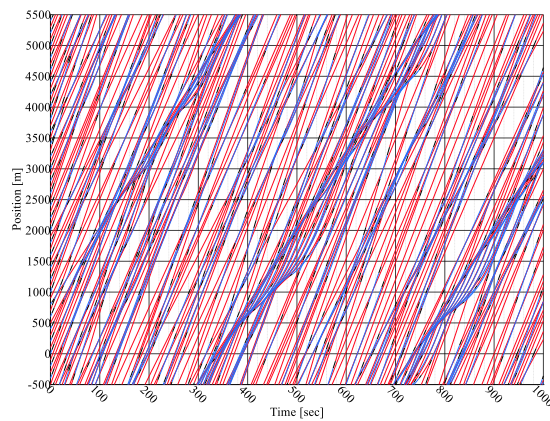


図 3.1 time-space 図(臨界車頭間隔=10m,加速度  $0.1\text{m/s}^2$ ,減速度  $0.2\text{m/s}^2$ )

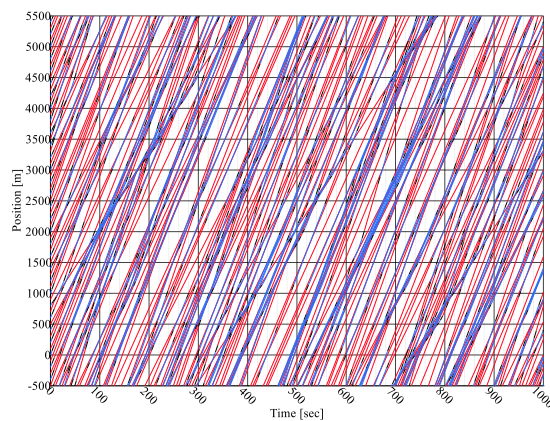


図 3.2 time-space 図(臨界車頭間隔=10m,加速度  $0.1\text{ m/s}^2$ ,減速度  $0.6\text{ m/s}^2$ )



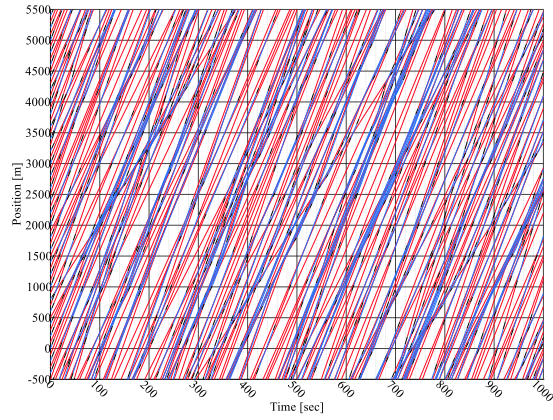


図 3.3 time-space 図(臨界車頭間隔=10m,加速度 0.1  $\text{m/s}^2$ ,減速度 1.0  $\text{m/s}^2$ )

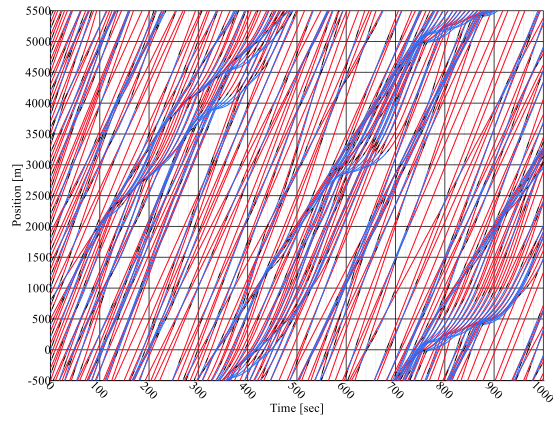


図 3.4 time-space 図(臨界車頭間隔=10m,加速度 0.3  $\text{m/s}^2$ ,減速度 0.2  $\text{m/s}^2$ )

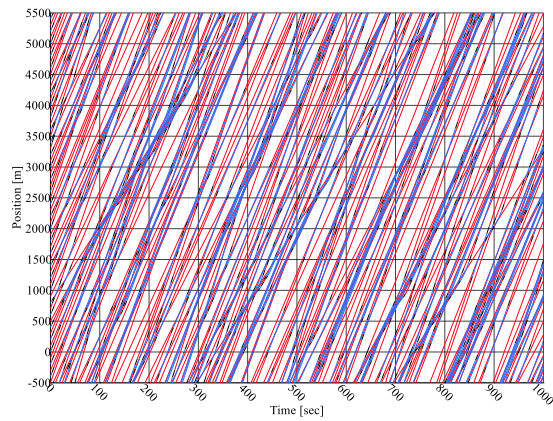


図 3.5 time-space 図(臨界車頭間隔=10m,加速度 0.3  $\text{m/s}^2$ ,減速度 0.6  $\text{m/s}^2$ )

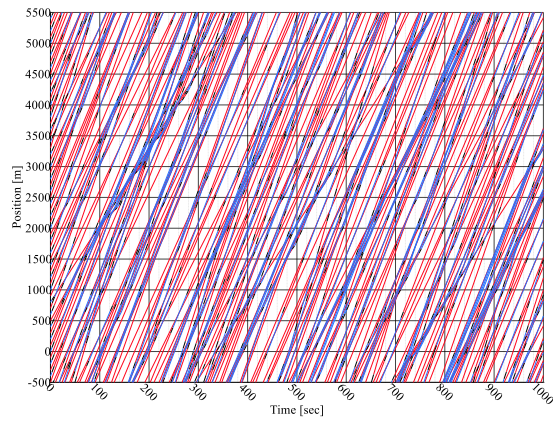


図 3.6 time-space 図(臨界車頭間隔=10m,加速度  $0.3 \text{ m/s}^2$ ,減速度  $1.0 \text{ m/s}^2$ )

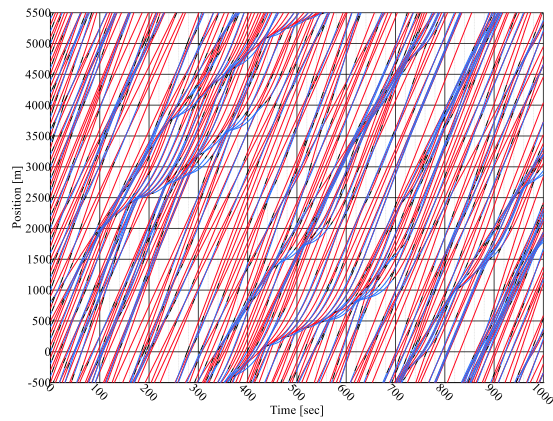


図 3.7 time-space 図(臨界車頭間隔=10m,加速度  $0.5 \text{ m/s}^2$ ,減速度  $0.2 \text{ m/s}^2$ )

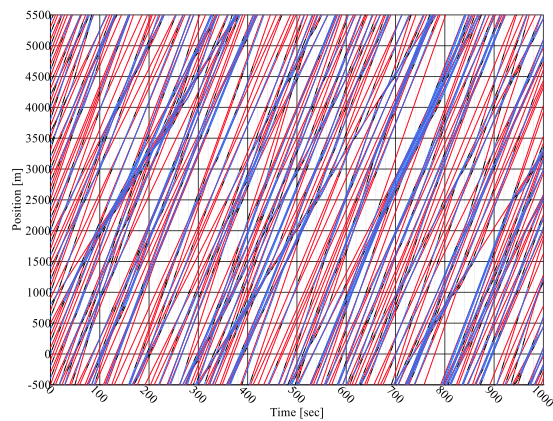


図 3.8 time-space 図(臨界車頭間隔=10m,加速度  $0.5 \text{ m/s}^2$ ,減速度  $0.6 \text{ m/s}^2$ )

さらに、加減速挙動モデルにおける臨界車頭間隔 $S^c$ の有無(有: $S^c=10\text{m}$ ,無: $S^c=0\text{m}$ )でも比較を行うため図 3.9 から図 3.17 では臨界車頭間隔が  $0\text{m}$ の状態での time-space 図を示す. これらの図から加減速度だけでなく, 第 2 章の 2.2.3 で示した急減速を要する臨界車頭間隔の有無によっても走行軌跡に変化が見られ, 臨界車頭間隔が  $0\text{m}$ ,急減速が発生しない場合であると走行軌跡にあまり変化が見られない. このことから, 急減速が生じない場合では後方車両への影響がないため, 前方車両との車間が詰まりにくくなり速度調整することなく全車両が走行していることが考えられる.

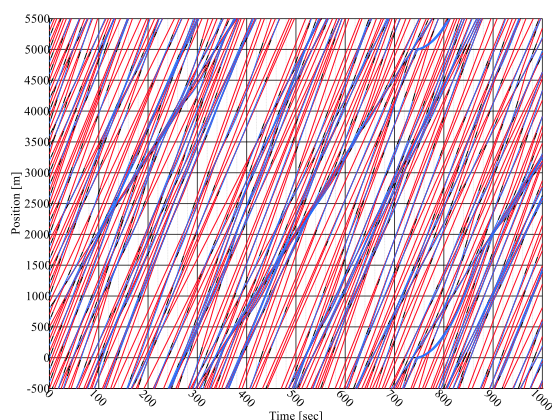


図 3.9 time-space 図(臨界車頭間隔 $=0\text{m}$ ,加速度  $0.1 \text{ m/s}^2$ ,減速度  $0.2 \text{ m/s}^2$ )

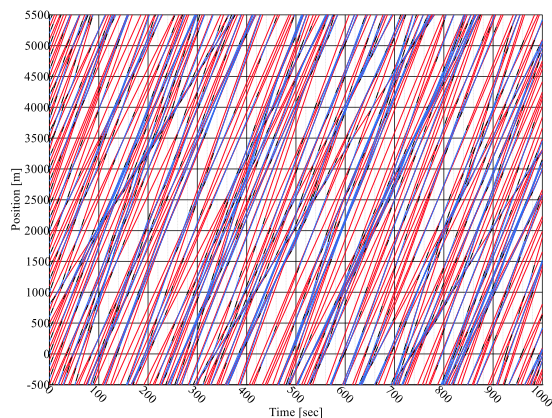


図 3.10 time-space 図(臨界車頭間隔 $=0\text{m}$ ,加速度  $0.1 \text{ m/s}^2$ ,減速度  $0.6 \text{ m/s}^2$ )



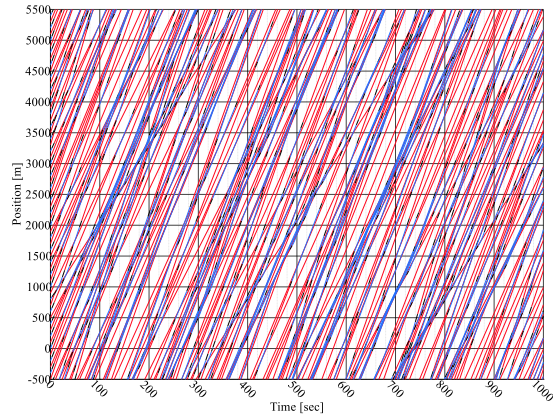


図 3.11 time-space 図(臨界車頭間隔=0m,加速度  $0.1\text{m/s}^2$ ,減速度  $1.0\text{m/s}^2$ )

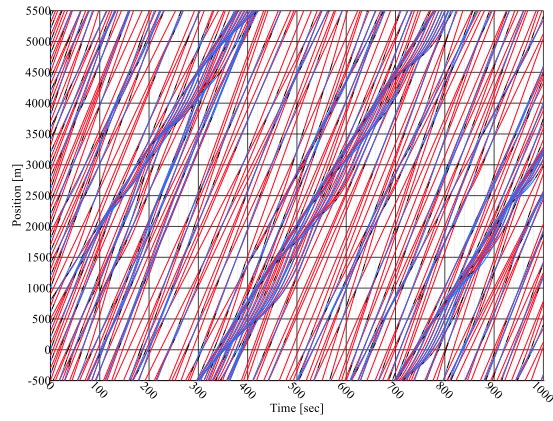


図 3.12 time-space 図(臨界車頭間隔=0m,加速度  $0.3\text{m/s}^2$ ,減速度  $0.2\text{m/s}^2$ )

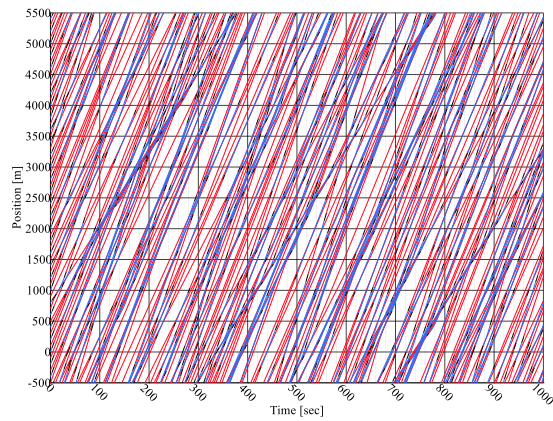


図 3.13 time-space 図(臨界車頭間隔=0m,加速度  $0.3\text{m/s}^2$ ,減速度  $0.6\text{m/s}^2$ )

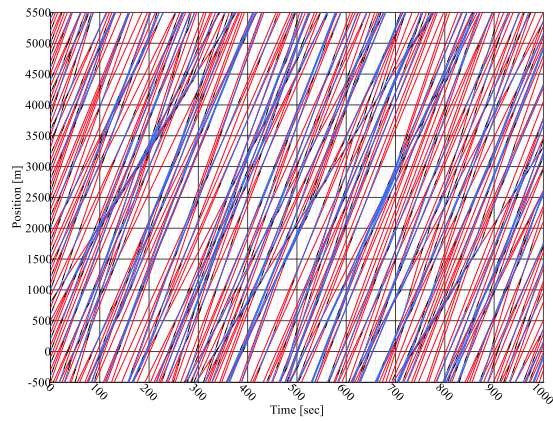


図 3.14 time-space 図(臨界車頭間隔=0m,加速度  $0.3\text{m/s}^2$ ,減速度  $1.0\text{m/s}^2$ )

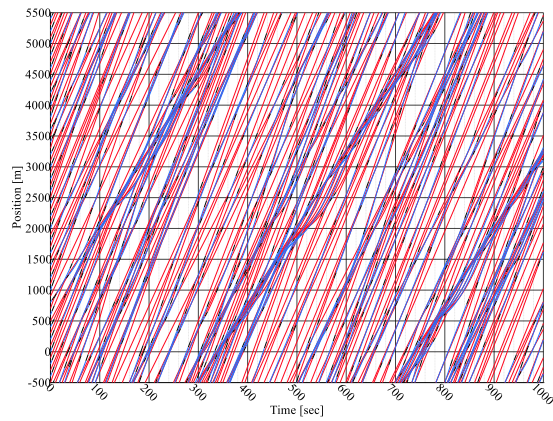


図 3.15 time-space 図(臨界車頭間隔=0m,加速度  $0.5\text{m/s}^2$ ,減速度  $0.2\text{m/s}^2$ )

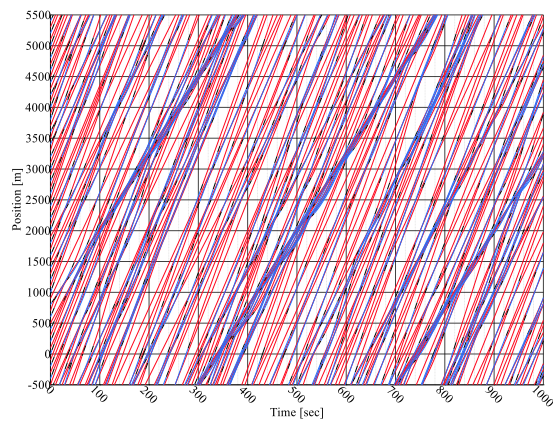


図 3.16 time-space 図(臨界車頭間隔=0m,加速度  $0.5\text{m/s}^2$ ,減速度  $0.6\text{m/s}^2$ )

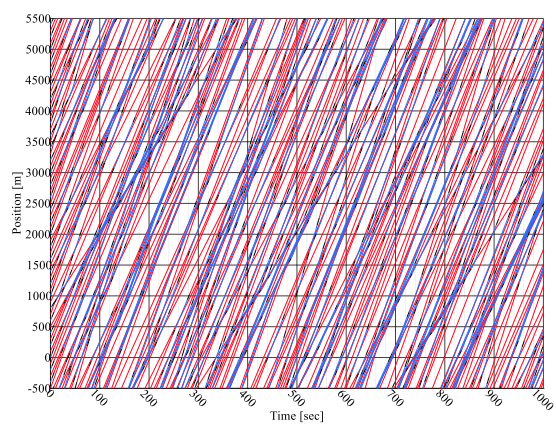


図 3.17 time-space 図(臨界車頭間隔=0m,加速度  $0.5\text{m/s}^2$ ,減速度  $1.0\text{m/s}^2$ )

### 3.2 走行速度 $v$ と追従車頭距離 $s$ の関係

本研究で導入したモデルによるシミュレーション結果をシミュレーションの条件別に  $s-v$  図で図 3.18 から図 3.25 に示す.  $s-v$  図は縦軸に走行速度  $v$ , 横軸に追従車頭距離  $s$  をとり, 各車両の 250 秒毎のシミュレーション結果からプロットしている. また, 走行軌跡を表すプロットは車線変更の要求に関わる車線維持速度幅  $\Delta v$  (第 2 章 2.2.1 参照) の程度によって色別に示している.

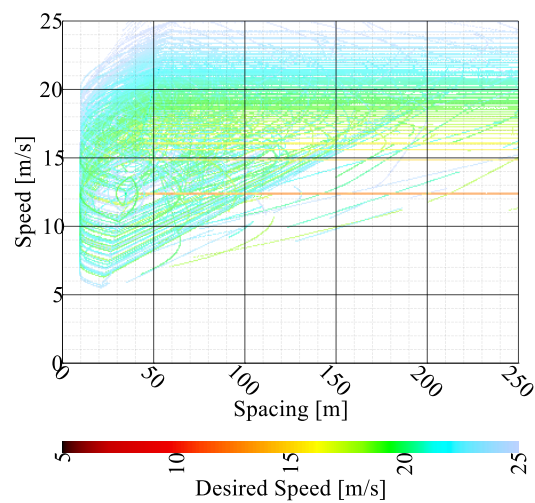


図 3.18  $s-v$  図(臨界車頭間隔=10m,加速度  $0.1\text{m/s}^2$ ,減速度  $0.3\text{m/s}^2$ )

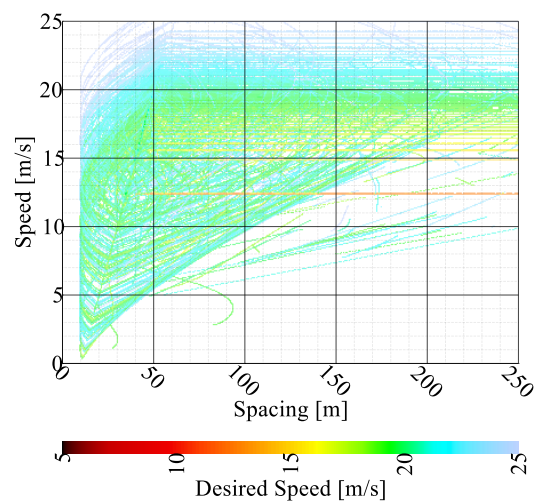


図 3.19  $s-v$  図(臨界車頭間隔=10m,加速度  $0.1\text{m/s}^2$ ,減速度  $0.6\text{m/s}^2$ )

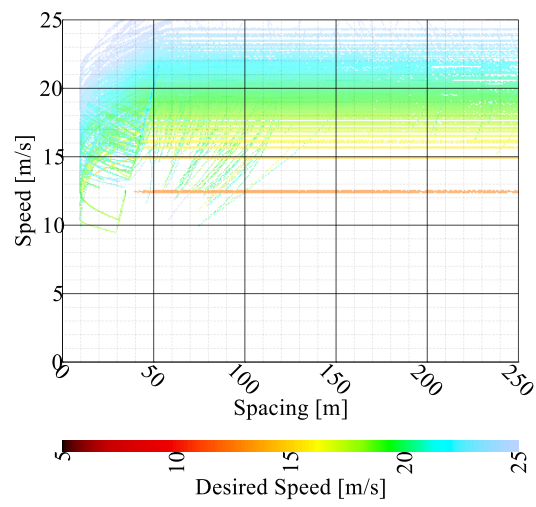


図 3.20 s-v 図(臨界車頭間隔=10m,加速度 0.1m/s<sup>2</sup>,減速度 1.0m/s<sup>2</sup>)

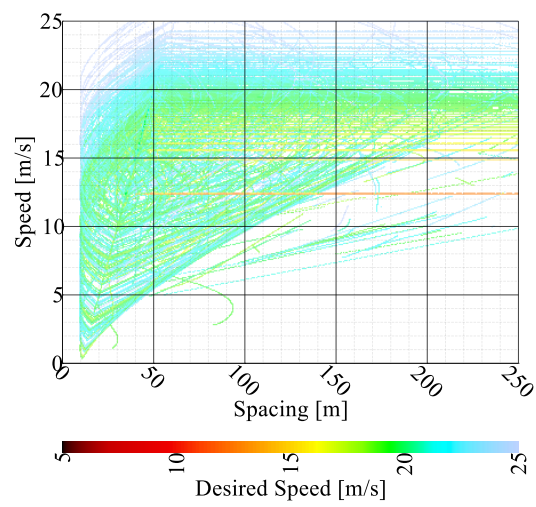


図 3.21 s-v 図(臨界車頭間隔=10m,加速度 0.3m/s<sup>2</sup>,減速度 0.2m/s<sup>2</sup>)



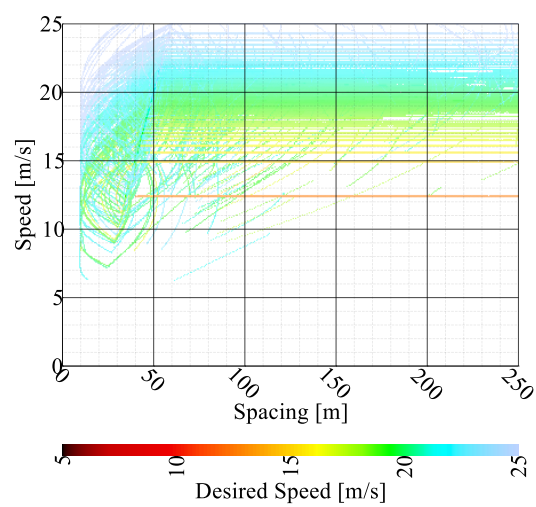


図 3.22 s-v 図(臨界車頭間隔=10m,加速度  $0.3\text{m/s}^2$ ,減速度  $0.6\text{m/s}^2$ )

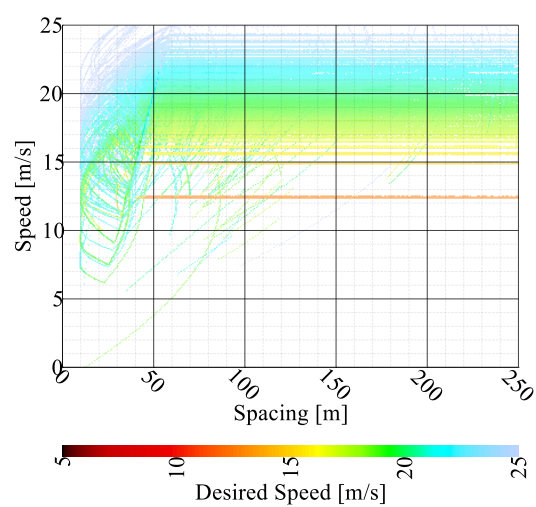


図 3.23 s-v 図(臨界車頭間隔=10m,加速度  $0.3\text{m/s}^2$ ,減速度  $1.0\text{m/s}^2$ )

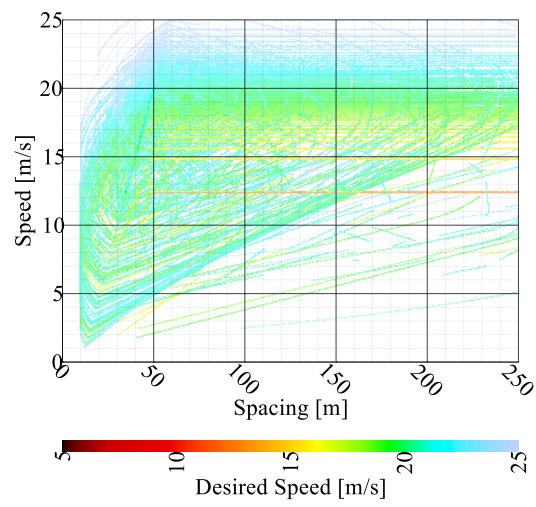


図 3.24 s-v 図(臨界車頭間隔=10m,加速度 0.5m/s<sup>2</sup>,減速度 0.2m/s<sup>2</sup>)

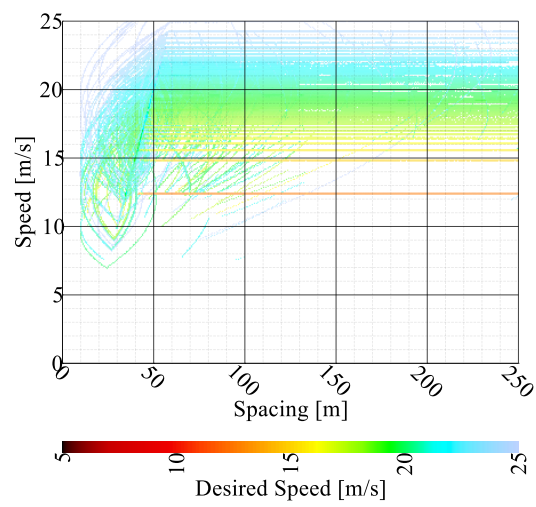


図 3.25 s-v 図(臨界車頭間隔=10m,加速度 0.5m/s<sup>2</sup>,減速度 0.6m/s<sup>2</sup>)

s-v 図についても同様に加減速挙動モデルにおける臨界車頭間隔 $S^c$ の有無(有: $S^c=10\text{m}$ , 無: $S^c=0\text{m}$ )の有無でも比較を行うため図 3.26 から図 3.34 では臨界車頭間隔が  $0\text{m}$  の状態での s-v 図を示す. これらの図から臨界車頭間隔が無い場合( $S^c=0\text{m}$ )では臨界車間隔がある場合( $S^c=10\text{m}$ )と比較し, 低速度帯の分布が少なく平均的に速度が高いことがわかる. これは急減速が発生しないことにより, 車間が詰まることがないため減速を要することなく走行しているため結果的に高い速度のまま走行していると考えられる.

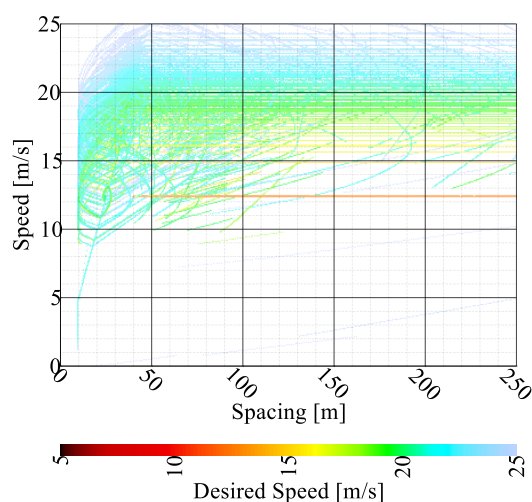


図 3.26 s-v 図(臨界車頭間隔=0m,加速度  $0.1\text{m/s}^2$ ,減速度  $0.2\text{m/s}^2$ )

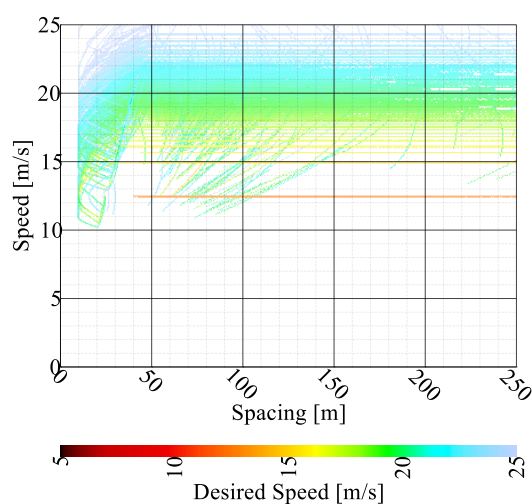


図 3.27 s-v 図(臨界車頭間隔=0m,加速度  $0.1\text{m/s}^2$ ,減速度  $0.6\text{m/s}^2$ )

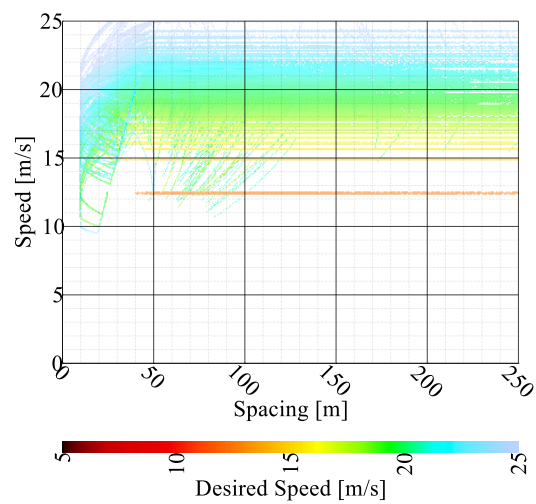


図 3.28 s-v 図(臨界車頭間隔=0m,加速度  $0.1\text{m/s}^2$ ,減速度  $1.0\text{m/s}^2$ )

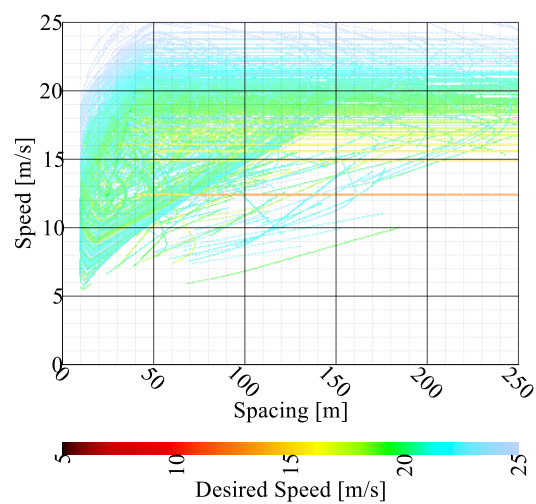


図 3.29 s-v 図(臨界車頭間隔=0m,加速度  $0.3\text{m/s}^2$ ,減速度  $0.2\text{m/s}^2$ )

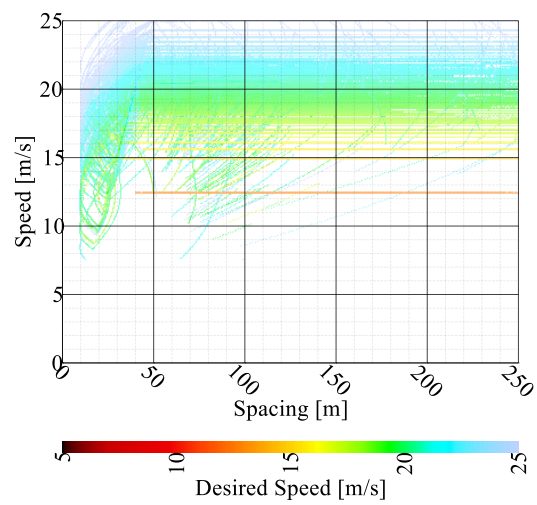


図 3.30 s-v 図(臨界車頭間隔=0m,加速度  $0.3\text{m/s}^2$ ,減速度  $0.6\text{m/s}^2$ )

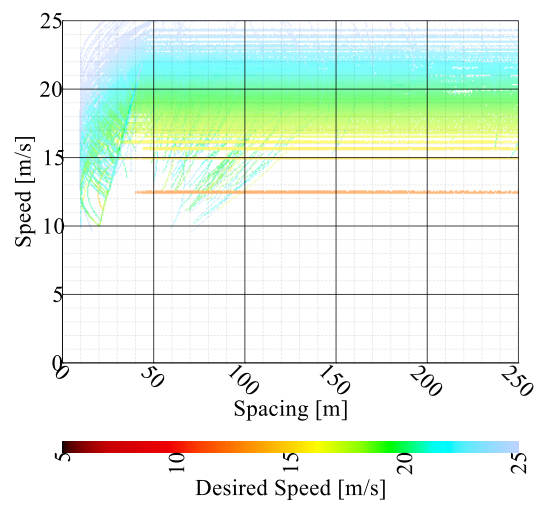


図 3.31 s-v 図(臨界車頭間隔=0m,加速度  $0.3\text{m/s}^2$ ,減速度  $1.0\text{m/s}^2$ )

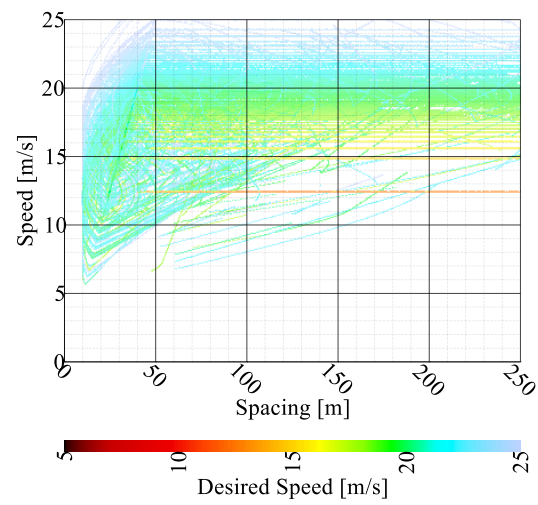


図 3.32 s-v 図(臨界車頭間隔=0m,加速度  $0.5\text{m/s}^2$ ,減速度  $0.2\text{m/s}^2$ )

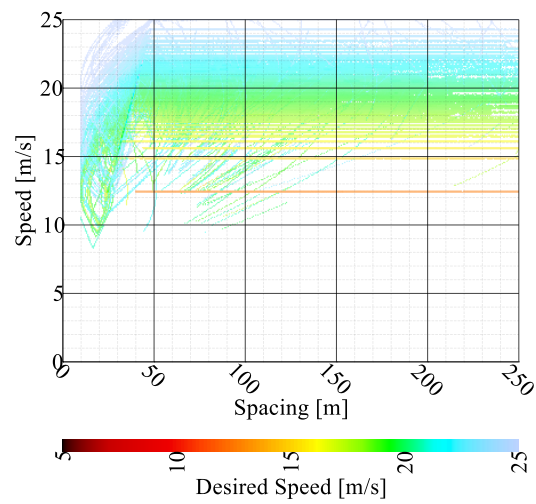


図 3.33 s-v 図(臨界車頭間隔=0m,加速度  $0.5\text{m/s}^2$ ,減速度  $0.6\text{m/s}^2$ )

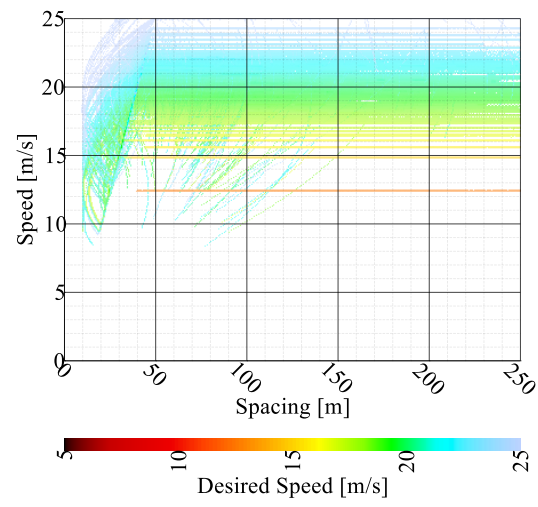


図 3.34 s-v 図(臨界車頭間隔=0m,加速度  $0.5\text{m/s}^2$ ,減速度  $1.0\text{m/s}^2$ )

### 3.3 q-k 関係

本研究で導入したモデルによるシミュレーション結果をシミュレーションの条件別に q-k 図で図 3.35 から図 3.42 に示す。q-k 図は縦軸に交通量  $q$ 、横軸に交通密度  $k$  をとり、各車両の 250 秒毎のシミュレーション結果からプロットしている。この q-k 関係を考慮することで自由流、渋滞流での追従挙動の変化を記述することができる。また、このときの交通密度は 35 [veh/km] と一定とし、通常交通密度に近い条件で分析を行った。

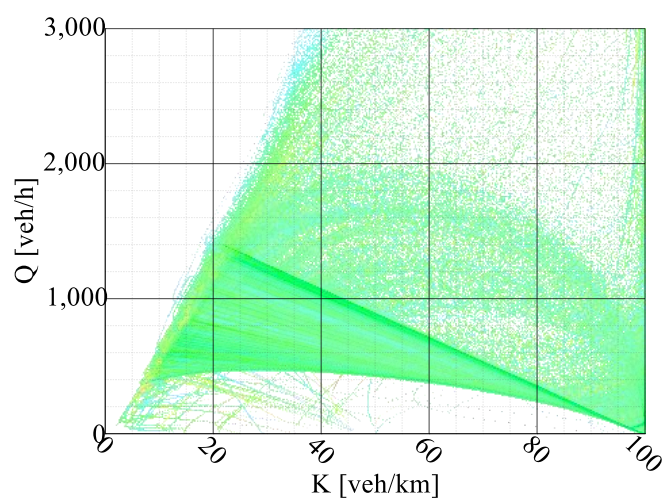


図 3.35 q-k 図(臨界車頭間隔=10m,加速度 0.1m/s<sup>2</sup>,減速度 0.2m/s<sup>2</sup>)

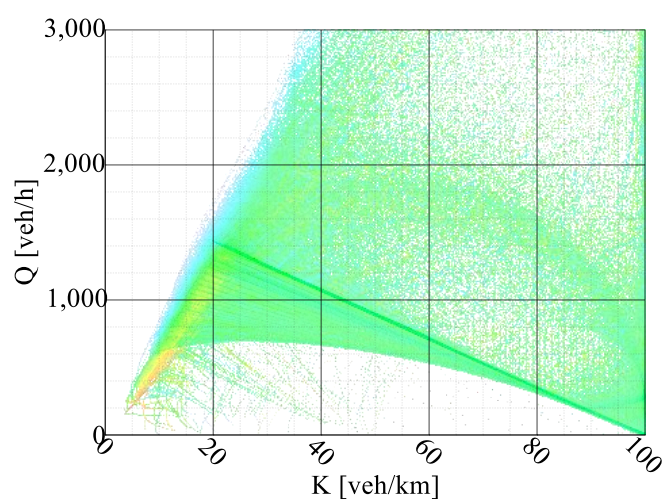


図 3.36 q-k 図(臨界車頭間隔=10m,加速度 0.1m/s<sup>2</sup>,減速度 0.6m/s<sup>2</sup>)



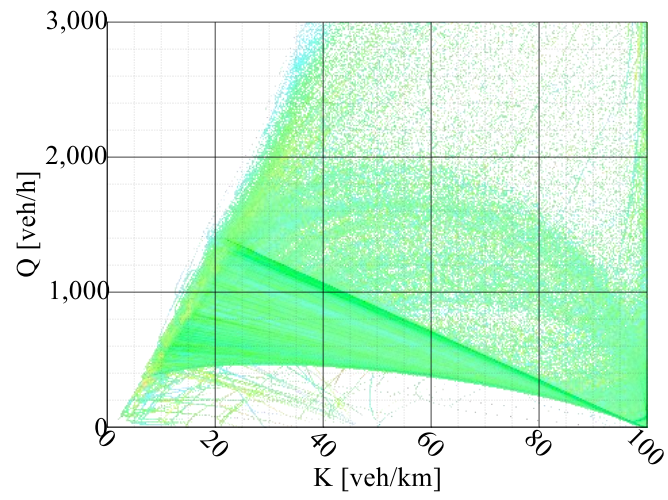


図 3.37  $q$ - $k$  図(臨界車頭間隔=10m,加速度  $0.1\text{m/s}^2$ ,減速度  $1.0\text{m/s}^2$ )

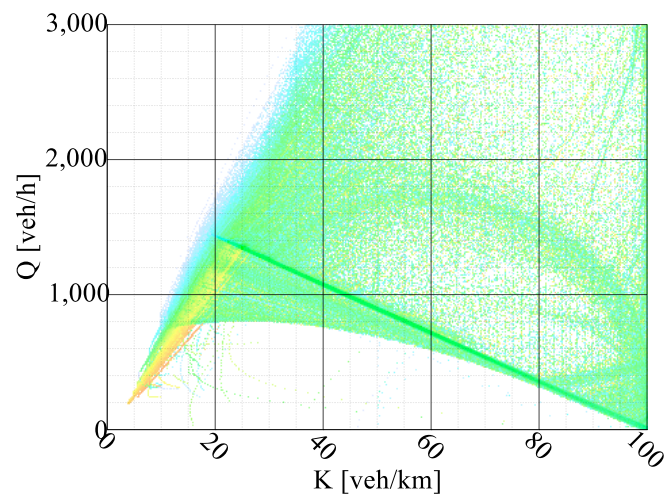


図 3.38  $q$ - $k$  図(臨界車頭間隔=10m,加速度  $0.3\text{m/s}^2$ ,減速度  $0.2\text{m/s}^2$ )

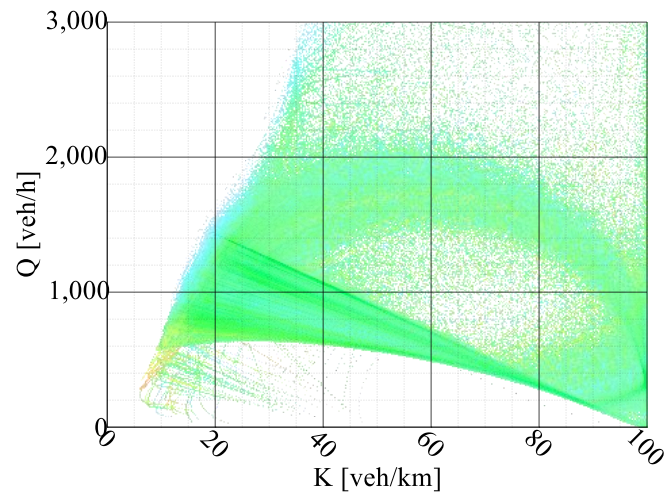


図 3.39  $q$ - $k$  図(臨界車頭間隔=10m,加速度  $0.3\text{m/s}^2$ ,減速度  $0.6\text{m/s}^2$ )

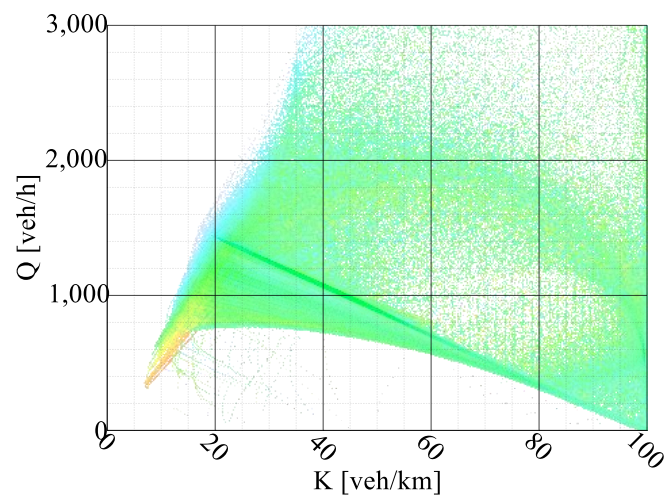


図 3.40  $q$ - $k$  図(臨界車頭間隔=10m,加速度  $0.3\text{m/s}^2$ ,減速度  $1.0\text{m/s}^2$ )

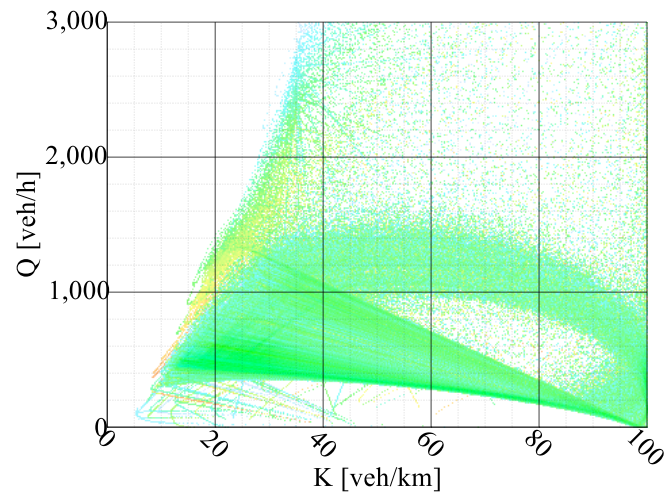


図 3.41  $q$ - $k$  図(臨界車頭間隔=10m,加速度  $0.1\text{m/s}^2$ ,減速度  $1.0\text{m/s}^2$ )

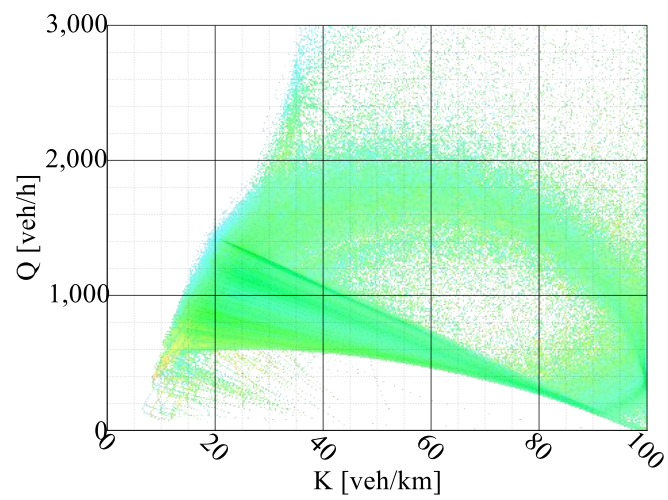


図 3.42  $q$ - $k$  図(臨界車頭間隔=10m,加速度  $0.5\text{m/s}^2$ ,減速度  $0.6\text{m/s}^2$ )

## 第 4 章

# 加減速挙動と交通流の関係

### 4.1 減速度と交通流率

### 4.2 加速度と交通流率

## 4.1 減速度と交通流率

本研究で導入したモデルによるシミュレーション結果を基にした減速度と交通流率に対する感度分析を加速度と交通密度別に図 4-1 から図 4-11 に示す。これらの図から交通密度が高くなる程減速度と交通流率の関係は顕著に表れている。さらに、減速度が大きい程交通流率は高くなる傾向にある。これは減速度が大きい程、車間が詰まりにくくなり、急減速を要する臨界車頭間隔に入る前に加速状態に入ることが要因として考えられる。

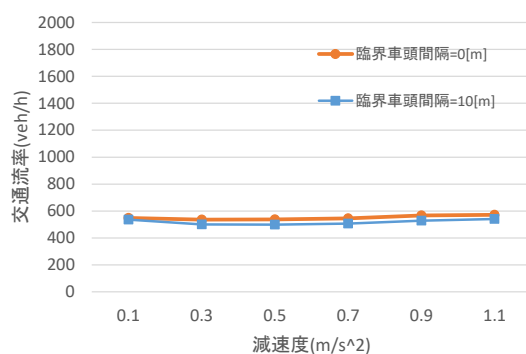


図 4.1 減速度と交通流率の関係(加速度  $0.2\text{m/s}^2$ ，交通密度  $10\text{veh/km}$ )

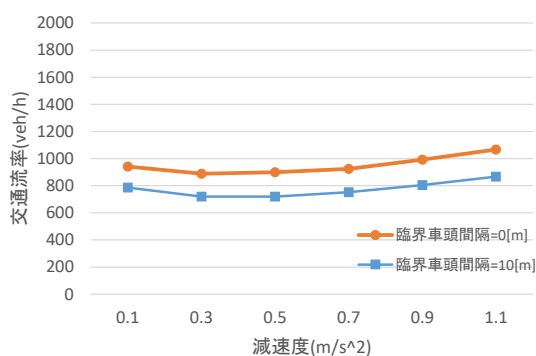


図 4.2 減速度と交通流率の関係(加速度  $0.2\text{m/s}^2$ ，交通密度  $20\text{veh/km}$ )

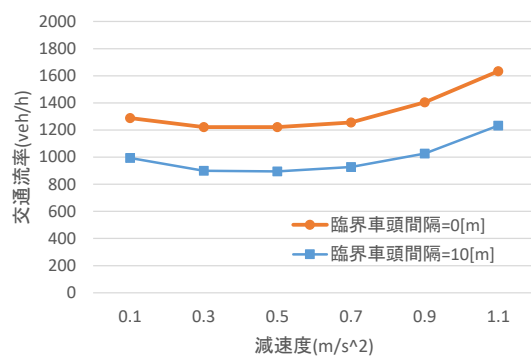


図 4.3 減速度と交通流率の関係(加速度  $0.2\text{m/s}^2$ , 交通密度  $35\text{veh/km}$ )

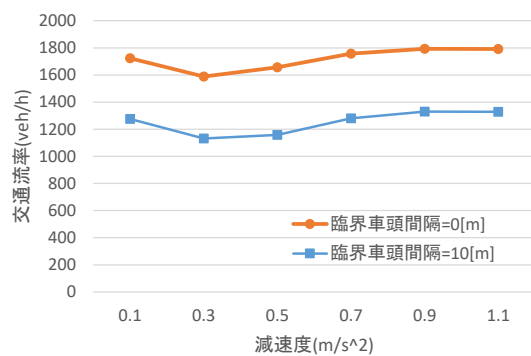


図 4.4 減速度と交通流率の関係(加速度  $0.2\text{m/s}^2$ , 交通密度  $50\text{veh/km}$ )

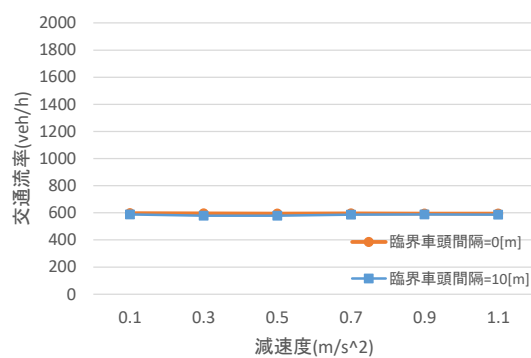


図 4.5 減速度と交通流率の関係(加速度  $0.6\text{m/s}^2$ , 交通密度  $10\text{veh/km}$ )

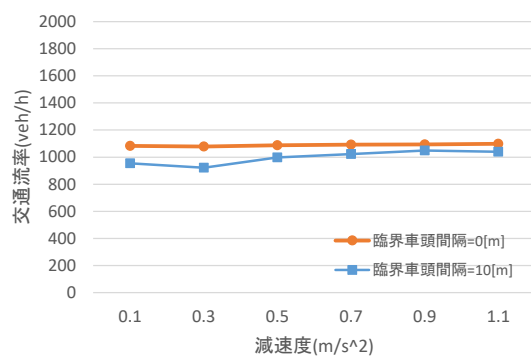


図 4.6 減速度と交通流率の関係(加速度  $0.6\text{m/s}^2$ ，交通密度  $20\text{veh/km}$ )

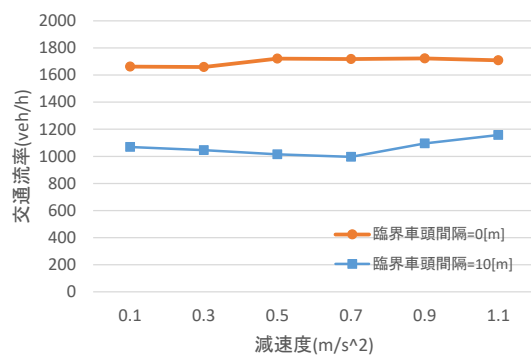


図 4.5 減速度と交通流率の関係(加速度  $0.6\text{m/s}^2$ ，交通密度  $35\text{veh/km}$ )

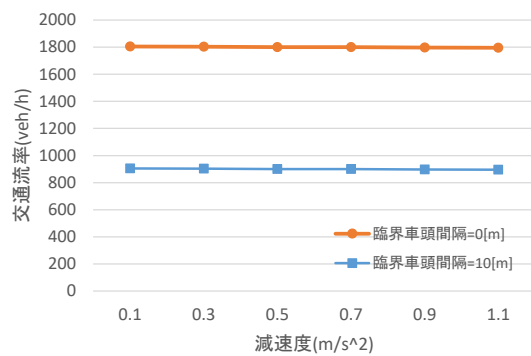


図 4.7 減速度と交通流率の関係(加速度  $0.6\text{m/s}^2$ ，交通密度  $50\text{veh/km}$ )

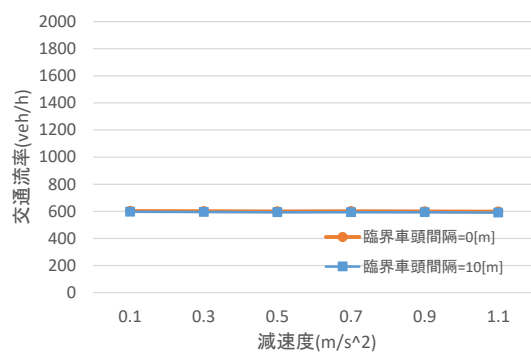


図 4.8 減速度と交通流率の関係(加速度 1.0m/s<sup>2</sup>, 交通密度 10veh/km)

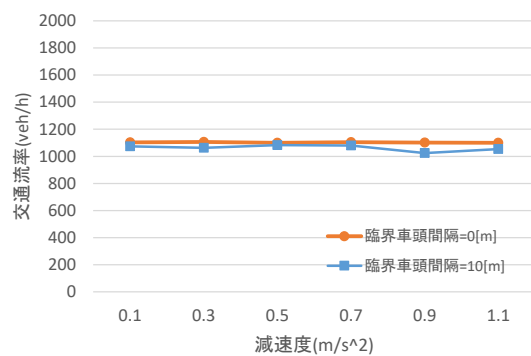


図 4.9 減速度と交通流率の関係(加速度 1.0m/s<sup>2</sup>, 交通密度 20veh/km)

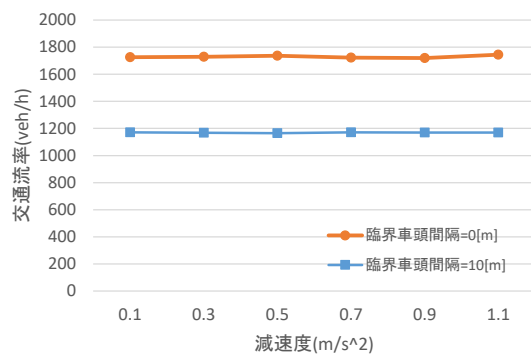


図 4.10 減速度と交通流率の関係(加速度 1.0m/s<sup>2</sup>, 交通密度 35veh/km)



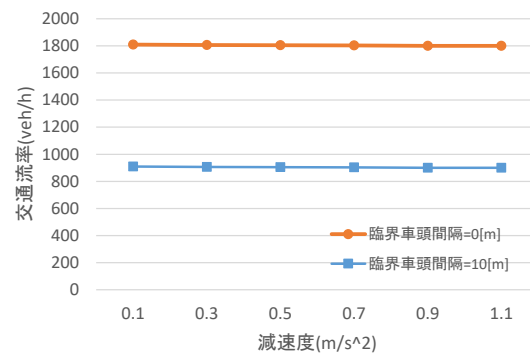


図 4.11 減速度と交通流率の関係(加速度 1.0m/s<sup>2</sup>, 交通密度 50veh/km)

## 4.2 加速度と交通流率

本研究で導入したモデルによるシミュレーション結果を基にした加速度と交通流率に対する感度分析を減速度  $0.3[m/s^2]$  を一定とし、交通密度別に図 4-12 から図 4-15 に示す。これらの図から加減速挙動モデルにおける臨界車頭間隔  $S^c$  の有無(有:  $S^c=10m$ , 無:  $S^c=0m$ )で比較すると、臨界車頭間隔が無い場合( $S^c=0m$ )であると急減速が発生せず、車間が詰まることのないため減速があまり起こることなく交通流率は平均的に高くなる傾向にある。一方、加速度が大きい程交通流率は高くなる傾向にあるのは加速度が大きい程、速度回復しやすく比較的速度が高い状態で走行することになり、結果的に交通流率も上昇することが考えられる。

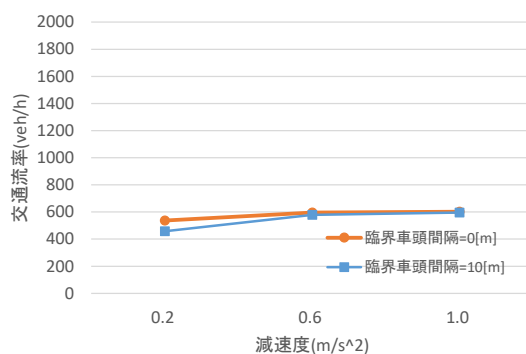


図 4.12 加速度と交通流率の関係(減速度  $0.3m/s^2$ ，交通密度  $10veh/km$ )

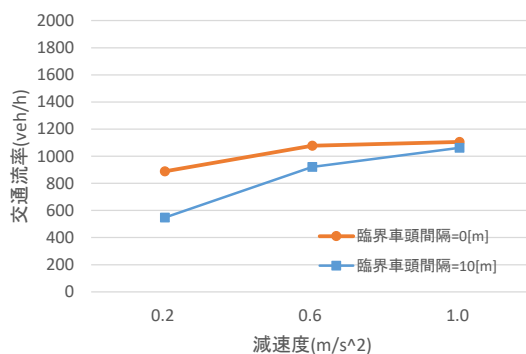


図 4.13 加速度と交通流率の関係(減速度  $0.3m/s^2$ ，交通密度  $20veh/km$ )

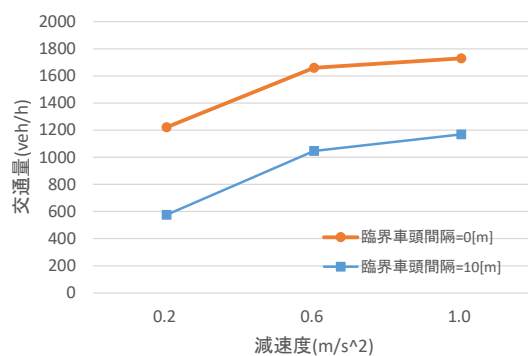


図 4.14 加速度と交通流率の関係(減速度  $0.3\text{m/s}^2$ ，交通密度  $35\text{veh/km}$ )

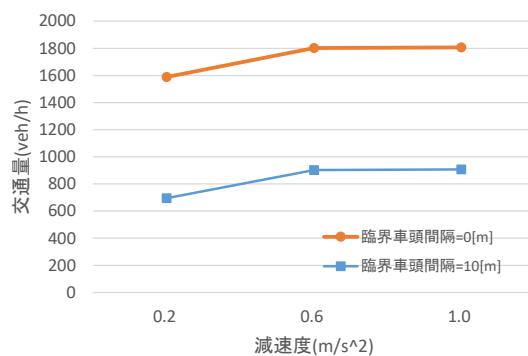


図 4.15 加速度と交通流率の関係(減速度  $0.3\text{m/s}^2$ ，交通密度  $50\text{veh/km}$ )

## 第 5 章

### 結論と課題

#### 5.1 結論

#### 5.2 今後の課題

## 5.1 結論

前章までに得られた結果より，加減速挙動と交通流の関係は加減速度の大きさによって交通流に変動があり，さらにミクロに見ると速度変化や車頭距離にも変化が生じていた．これら各車両のミクロな変化が交通流全体にマクロに影響していることが明らかとなった．

さらにこれらの影響は減速波の有無でも異なり，減速波が発生する場合には急減速後の影響が加減速度の大きさによって異なる影響をもたらすことが明らかとなった．その際，単純に減速度を大きくするだけでなく，ある一定の値によって交通流が極大値を見せる．このことから，加減速度の大きさと急減速の有無によって交通流に変動をもたらすことが明らかとなった．

## 5.2 今後の課題

今回の分析では第一段階として交通密度一定で分析を行った．そのため，シミュレーションの設定条件を仮想円形道路とした．今後はより現実的な道路条件下で分析を行うとともに，異なるパラメータを用いてより詳細な分析を行っていくことで交通流を改善するための加減速挙動を明らかにしていくことを目的とする．さらにこれらの知見が自動運転車の発展に寄与する可能性があることを示唆した．

## 参考文献

- 1) 近藤啓介, 鈴木高宏, 桑原雅夫:他車両との相互作用を取り入れた横方向運転行動モデルの同定,第 5 回 ITS シンポジウム,2006.
- 2) 越正毅, 桑原雅夫, 赤羽弘和: 高速道路のトンネル, サグにおける渋滞現象に関する研究, 土木学会論文集, No.458, pp.65-71, 1993.
- 3) 谷口知己,塩見康博,宇野伸宏,嶋本寛:車線交通量のメカニズムを内生化した単路部多車線交通流モデルの構築, 土木学会論文集, No.530/IV-30, pp.31-40, 1996.
- 4) 塩見康博,谷口知己,宇野伸宏:車線交通量のメカニズムを内生化した多車線交通流モデルの構築,交通工学論文集,Vol.1,No.3,pp.1-10,2015.
- 5) 劉彬, 柳原正実, 小根山裕之: 車線変更挙動と交通流の関係に関するシミュレーション分析,第 37 回交通工学研究発表会論文集,2017.
- 6) 柳原正実, 小根山裕之, 朱慧琚: 車両追従挙動における走行型視線誘導システムのドライバー別影響分析, 第 53 回土木計画学研究発表会・講演集, pp.2844-2850, 2016.
- 7) 中村英樹, 小林正人, Jerome L.CATBAGAN: 追従車交通密度を考慮した往復 2 車線道路における付加追越車線の設置水準に関する研究, 土木学会論文集, No.3, Vol.67, pp.272-282, 2011.